



PCT/FR 03 / 03516

REC'D 16 FEB 2004

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **01 DEC. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE PRIORITÉ**

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 e W / 210502

<b>27 NOV 2002</b> REMISE DES PIÈCES DATE <b>27 NOV 2002</b> LIEU <b>0214838</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>27 NOV. 2002</b>		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ROVE Conseils 47, rue de Paris BP 50 229 F - 57 106 Thionville Cedex	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) IU 02/03			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Acier pour déformation à froid ou à chaud, pièce mécanique prête à l'emploi réalisable avec cet acier et son procédé de fabrication.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Domicile ou siège Nationalité N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		ISPAT-UNIMETAL Société anonyme 41 043 591 11 2711Z Site industriel de Gandrange 57175 GANDRANGE FRANCE Française N° de télécopie (facultatif)	
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**

27 NOV 2002 REMISE DES PIÈCES DATE 54 INPI NANCY LIEU 0214838 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom VENTAVOLI Prénom Roger Cabinet ou Société ROVE Conseils N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue 47, rue de Paris BP 50 229 Code postal et ville 57 110 16 THIONVILLE Pays FRANCE N° de téléphone (facultatif) 03 82 53 42 42 N° de télécopie (facultatif) 03 82 53 79 13 Adresse électronique (facultatif) rove@wanadoo.fr			
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Roger VENTAVOLI Mandataire n° 97-0305		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  47, rue de Paris - B.P. 50229 F - 57106 THIONVILLE CEDEX Tél. 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr	

**Acier pour déformation à froid ou à chaud, pièce mécanique prête à l'emploi réalisable avec cet acier et son procédé de fabrication.**

5 L'invention, qui s'inscrit dans le domaine de la métallurgie, concerne les aciers pour mise en forme par déformation plastique, à froid ou à chaud, pour la fabrication de pièces mécaniques prêtes à l'emploi. Elle a trait plus précisément aux aciers pour frappe à froid ou forge à chaud de composants mécaniques de précision à hautes caractéristiques, comme les rotules de roues de véhicules terrestres, les pivots, axes, triangles de suspension, biellettes, ou autres pièces mécaniques analogues, ainsi qu'aux  
10 fils et barres métalliques permettant, après transformation, l'obtention de telles pièces.

On sait que les aciers pour déformation plastique doivent présenter des propriétés à la fois de déformabilité et de résistance. Ainsi, lors de la fabrication des pièces mécaniques à laquelle ils sont destinés, il leur faut pouvoir supporter sans rupture des modifications de forme importantes tout en présentant au final de hautes caractéristiques mécaniques. De fait, les caractéristiques exigées des pièces obtenues à partir de ces aciers sont proches de celles de la classe 10.9 selon la norme ISO 898, à savoir une limite à la rupture minimum de 1000 MPa et une limite élastique minimum de 900 MPa. De plus, ces aciers doivent présenter de bonnes caractéristiques  
15 d'usinabilité, car une majorité des applications nécessite un usinage ultime pour mise aux côtes finales.

On rappelle que les opérations de déformation plastique se font sur des lopins d'acier issus de la découpe de fils ou barres obtenus classiquement par laminage à chaud de demi-produits de coulée continue (billettes ou blooms). En frappe à froid, les lopins  
25 sont mis en forme à froid à la presse, le cas échéant après un recuit de globulisation, et les pièces obtenues sont ensuite traitées thermiquement par trempe et revenu. Pour la forge à chaud, les lopins sont réchauffés d'abord jusqu'à une température d'environ 1200 °C, mis en forme à chaud et refroidis. Les pièces ainsi obtenues sont ensuite traitées thermiquement par trempe et revenu, la trempe pouvant être faite directement au cours du refroidissement après forgeage.  
30

La réalisation de ces différents traitements thermiques suppose des opérations, certes maîtrisées, mais néanmoins coûteuses, dont les résultats visés ne sont pas toujours atteints et qui, de toute façon, augmentent le temps et le coût de production. Aussi, a-t-on recherché ces dernières années des nuances d'acier permettant de s'en affranchir et d'obtenir des pièces "prêtes à l'emploi", pouvant être utilisées pour l'application prévue sans avoir à subir un traitement thermique pour modifier leur structure métallurgique après l'opération de déformation plastique.  
35

Concernant la frappe à froid, il est déjà connu par exemple de faire appel à des nuances d'acier de structure essentiellement bainitique, c'est à dire contenant plus de 50  
40 % de bainite, présentant un bon compromis entre déformabilité et caractéristiques

mécaniques finales. Toutefois, compte tenu des capacités des moyens de refroidissement dont on dispose généralement sur une ligne de laminage à chaud, ces nuances permettent d'obtenir une structure essentiellement bainitique uniquement sur des fils ou des barres laminés de relativement faible diamètre, dépassant rarement 8 mm en fait. Au-delà, on obtient une bainite dégénérée ou associée à de la ferrite, ce qui conduit à une détérioration marquée des propriétés mécaniques des produits laminés. De plus, la structure n'étant pas bien maîtrisée, il y a un risque de forte dispersion des caractéristiques mécaniques au sein d'une même couronne ou entre plusieurs couronnes de fils ou barres bobinés à l'issue du laminage à chaud.

Des problèmes similaires sont rencontrés avec les nuances d'acier pour forge à chaud pour lesquelles l'épaisseur de la pièce forgée impose souvent des contraintes de refroidissement sévères pour atteindre la vitesse de refroidissement à cœur nécessaire à l'obtention de la structure bainitique visée. De surcroît, la périphérie de la pièce étant inévitablement refroidie beaucoup plus énergiquement que le cœur, il en résulte des tensions internes qui peuvent conduire à des déformations permanentes.

On voit donc que l'on recherche classiquement, dans les applications de déformation plastique, une structure bainitique qui offre un bon compromis entre déformabilité et caractéristiques mécaniques, en même temps qu'une bonne usinabilité. Dans tous les cas, la réussite de l'obtention de cette structure bainitique est soumise aux contraintes de refroidissement de l'acier à cœur, que ce refroidissement intervienne avant la déformation plastique ou après. Ces contraintes imposées de refroidissement étant importantes sur les nuances d'acier actuellement connues et utilisées, cette structure peut ne pas être obtenue directement dans la chaude de laminage, ni même après l'opération de forgeage, de sorte que de nombreuses pièces mécaniques doivent subir un traitement thermique hors ligne postérieurement à leur mise en forme.

L'objectif de l'invention est de proposer une nuance d'acier permettant d'obtenir une structure bainitique, ou essentiellement bainitique, avec de faibles contraintes de refroidissement, tant pour la fabrication de pièces par presse à froid qu'à la forge à chaud.

Plus précisément, le but de l'invention est de présenter une nuance d'acier permettant d'obtenir une structure bainitique ou essentiellement bainitique déjà avec une vitesse de refroidissement à cœur très réduite, de 0,5 °C/s à peine, et offrant à la fois une bonne aptitude à la déformation et une bonne usinabilité en vue de la fabrication de pièces mécaniques par déformation à froid ou à chaud, sans traitement thermique postérieur à la mise en forme, ladite nuance offrant en outre des caractéristiques mécaniques élevées permettant aux-dites pièces de se situer dans les classes de qualité 8.8 à 10.9 selon la norme ISO 898.

A cet effet, l'invention a pour objet un acier pour la fabrication d'une pièce en acier mise en forme par déformation plastique à froid ou à chaud dont la composition

chimique comprend, outre le fer et les inévitables impuretés résiduelles venant de l'élaboration de l'acier, au moins (en teneur pondérale par rapport au fer) :

$$0,02 \% \leq C \leq 0,15 \%$$

$$1,30 \% \leq Mn \leq 2,00 \%$$

$$5 \quad 0,04 \% \leq Nb \leq 0,10 \%$$

$$0,10 \% \leq Mo \leq 0,35 \%$$

$$0,001 \% \leq B \leq 0,005 \%$$

$$0,15 \% \leq Si \leq 1,30 \%$$

$$0,01 \% \leq Al \leq 0,08 \%$$

$$10 \quad N \leq 0,015 \% \text{ avec une teneur en Ti de l'ordre de 3,5 fois cette teneur en azote, et éventuellement, jusqu'à 0,8 \% de chrome et/ou jusqu'à 0,1 \% de soufre.}$$

L'invention concerne également un premier procédé de fabrication d'une pièce métallique prête à l'emploi, mise en forme par déformation plastique à froid, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

15 - on lamine à chaud un demi-produit, issu de préférence de la coulée continue, et constitué d'un acier conforme à l'analyse donnée ci-avant, la température de fin de laminage étant inférieure à 1000°C environ, le produit laminé obtenu étant de préférence sous forme de fil ou de barre de diamètre inférieur à 25 mm environ;

20 - pour lui conférer une structure bainitique ou essentiellement bainitique, on refroidit ledit produit laminé (dans la chaude de laminage elle même, de préférence) avec une vitesse de refroidissement à cœur d'au moins 0,5 °C/s;

- et, le plus souvent ultérieurement, on découpe ensuite dans ce produit laminé refroidi au moins un lopin, que l'on déforme plastiquement à froid de la manière habituelle pour obtenir la pièce prête à l'emploi ayant la forme désirée.

25 Selon l'invention, un second procédé de fabrication d'une pièce métallique prête à l'emploi par mise en forme par déformation plastique à chaud se caractérise en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes:

30 - on lamine à chaud un demi-produit, issu de préférence de la coulée continue et constitué d'un acier conforme à l'analyse donné ci-avant, le produit laminé obtenu étant éventuellement refroidi, et se présentant de préférence sous forme de barre de diamètre supérieur à 20 mm;

- et, ultérieurement le plus souvent, on découpe ensuite dans ledit produit laminé au moins un lopin que l'on déforme plastiquement à chaud jusqu'à l'obtention d'une pièce ayant la forme désirée;

35 - et, on refroidit ladite pièce avec une vitesse de refroidissement à cœur d'au moins 0,5 °C/s pour lui conférer une structure bainitique ou essentiellement bainitique, et obtenir ainsi une pièce prête à l'emploi.

40 On notera que ce refroidissement de la pièce est un refroidissement doux, différent en tous cas d'une opération de refroidissement qui tremperait l'acier, laquelle au demeurant serait, dans la pratique normale, suivie d'un revenu.

L'invention a encore pour objet un fil ou barre en acier laminé pour déformation plastique, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un acier de composition chimique selon l'analyse donnée ci-avant.

5 L'invention a enfin pour objet une pièce en acier prête à l'usage, obtenue par déformation plastique, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'un lopin issu d'un fil ou barre laminé répondant à l'analyse chimique donnée ci-avant.

10 Comme on l'aura sans doute compris, l'idée à la base de l'invention consiste en la conception d'une analyse d'un acier pour déformation plastique à froid ou à chaud permettant d'obtenir une structure bainitique (ou essentiellement bainitique) homogène avec peu de contraintes de refroidissement. Cette structure est obtenue en effet déjà à partir d'une vitesse de refroidissement à cœur d'à peine 0,5 °C/s environ, vitesse qui peut être aisément atteinte, comme on le sait, directement dans la chaude de laminage elle même pour des fils et barres de diamètre de l'ordre de 20 mm et plus selon les installations.

15 Dès lors, l'invention ouvre vers les grands diamètres la gamme de production de l'usine destinée aux ateliers de frappe à froid, et pour ceux réservés à la forge, elle procure l'économie d'un traitement thermique final de trempe-revenu. Pour mieux fixer les idées, on notera qu'avec les chaudes habituelles, les diamètres limites se situent autour de 20 à 25 mm pour les nuances selon l'invention.

20 Les habitudes de vocabulaire dans la profession font que l'on appelle - "fils ou petites barres" les produits laminés sous des diamètres allant jusqu'à 25 mm environ (que l'on conditionne souvent d'ailleurs sous forme de couronnes pour livraison aux transformateurs);

25 - et "barres" ceux laminés à partir de 20 mm de diamètre et qui sont livrés rectilignes après découpe à longueur à la sortie du train.

L'invention sera bien comprise et d'autres aspects et avantages apparaîtront plus clairement au vu de la description détaillée qui suit, donnée à titre d'exemple de réalisation.

30 On produit à l'aciérie, par coulée continue, des demi-produits (billettes ou blooms) issus d'un acier ayant, outre le fer, la composition suivante, en teneur pondérale par rapport au fer :

35 De 0,02 % à 0,15 %, et de préférence 0,08 %, de carbone. Le carbone à cette teneur sert à obtenir une structure bainitique ayant les propriétés mécaniques requises. Il permet d'obtenir une bonne aptitude à l'écrouissage lors d'une déformation plastique à froid. Sa basse teneur permet aussi d'éviter la formation de gros carbures défavorables à la ductilité sans qu'il soit nécessaire de réaliser un traitement de globulisation.

De 1,30 % à 2,00 %, et de préférence entre 1,60 et 1,80 %, de manganèse. Ce manganèse permet d'obtenir ensuite une trempabilité suffisante, aide à la formation de la bainite et permet d'obtenir les caractéristiques mécaniques souhaitées.



De 0,04 % à 0,10 %, et de préférence 0,06 à 0,08 %, de niobium. A cette teneur, le niobium permet de favoriser l'obtention d'une structure bainitique dans la chaude de laminage par abaissement important de la vitesse de nucléation de la ferrite. Cet effet est par ailleurs renforcé par la présence de bore avec qui il agit en synergie pour élargir le domaine de transformation bainitique.

De 0,10 % à 0,35 %, et de préférence de 0,15 à 0,30 % de molybdène. On rappelle que le molybdène augmente la trempabilité et favorise la transformation de l'austénite en bainite. Il augmente le pouvoir trempant du bore et du niobium.

De 0,001 % à 0,005 % de bore: Le bore inhibe la nucléation de ferrite favorisant ainsi la formation d'une structure bainitique fine. Il agit en synergie avec le niobium pour élargir le domaine bainitique.

De 0,10 % à 1,30 %, et de préférence de 0,20 % à 0,35 %, de silicium. A ces teneurs, il permet d'obtenir un durcissement modéré de l'acier. On peut aller jusqu'à une teneur de 1,30 % si besoin est, en particulier pour augmenter la résistance mécanique de l'acier. Le silicium permet également de désoxyder l'acier lors de la coulée.

De 0,007 % à 0,009 % d'azote, associé avec une teneur en titane de l'ordre de 3,5 fois cette teneur en azote pour faire écran sacrificiel au bénéfice du bore. L'azote permet de contrôler la taille de grain et d'augmenter la résistance en traction, la dureté et l'usinabilité. Le titane sert à fixer l'azote et à protéger ainsi le bore. Sans titane, le bore perdrait son pouvoir trempant en réagissant avec l'azote. Le titane permet également d'obtenir un grain austénitique fin ce qui améliore l'aptitude à la mise en forme à froid et à la ductilité.

Moins de 0,08 % d'aluminium. Cet aluminium dissout résiduel, venant du calmage de l'acier avant coulée, est un bon désoxydant de protection du titane contre l'oxydation par l'oxygène dissout inévitablement présent, afin que ce titane reste disponible pour protéger le bore contre l'azote. Cet aluminium sert aussi à contrôler le grossissement du grain austénitique lors du laminage à chaud du demi-produit de départ, et ainsi à donner à l'acier de bonnes propriétés de résilience.

De préférence de 0,001 % à 0,1 % de soufre. Ce soufre se combine avec le manganèse afin de former des sulfures de manganèse plastiques et ductiles. Il permet d'obtenir une bonne aptitude à la mise en forme par déformation plastique à froid et une bonne usinabilité. Il est possible, si l'on souhaite améliorer d'avantage l'usinabilité, d'augmenter sa teneur jusqu'à une valeur maximale de 0,1 % mais pas au-delà si l'on veut garantir une bonne aptitude à la déformation à froid.

Eventuellement, cette nuance peut inclure de 0,10 % à 0,80 % de chrome. Ce composant à la teneur considérée permet d'ajuster la trempabilité et d'obtenir les propriétés mécaniques recherchées sans trop durcir l'acier ou conduire à la formation de martensite.

Cet acier présente également les inévitables impuretés et éléments résiduels résultant de son élaboration, notamment le phosphore dont la teneur doit rester de

préférence inférieure à 0,02 % pour garantir une bonne ductilité pendant et après la mise en forme à froid, ainsi que le cuivre et le nickel, dont la teneur doit être de préférence inférieure à 0,25 %.

5 Cette composition optimisée permet à l'acier d'avoir une très bonne aptitude à la déformation plastique en même temps qu'une bonne usinabilité. En effet, cette nuance favorise non seulement l'obtention de bainite, mais diminue aussi le risque d'obtention de martensite, dont la présence peut constituer un obstacle sérieux à une bonne opération d'usinage.

10 Un aspect essentiel de l'invention est que cette nuance permet d'obtenir une structure bainitique homogène sur des fils et barres pour déformation à froid ou sur des pièces forgées à chaud dès que le refroidissement à cœur de ces fils, barres ou pièces mécaniques atteint 0,5 °C/s.

15 Lorsque, conformément à une mise en œuvre de l'invention, la structure bainitique est obtenue avant la mise en forme des pièces mécaniques (acier pour frappe à froid) l'acier, avant déformation, présente une bonne ductilité, mesurée par une striction largement supérieure à 50 %, une résistance à la traction supérieure à 650 MPa, et une résistance mécanique supérieure à 750 Mpa.

20 Dans ce premier mode de réalisation, la structure bainitique est en effet obtenue préalablement à l'opération de déformation plastique: on approvisionne un demi-produit long constitué d'un acier d'analyse conforme à l'invention qu'on lamine à chaud, si besoin après réchauffage au-dessus de 1100 °C, jusqu'à l'obtention d'un fil laminé de 10 mm de diamètre par exemple. La température de fin de laminage est inférieure à 1000 °C. Le fil laminé obtenu est ensuite refroidi à l'air, dans la chaude de laminage elle-même de la manière habituelle, à une vitesse à cœur minimum de 0,5 °C/s  
25 facilement réalisable, et qui n'a pas nécessairement besoin d'aller au-delà, pour obtenir une structure homogène essentiellement bainitique.

30 Le fil laminé est alors livré (ou livrable) au transformateur sous forme de couronne bobinée. Le transformateur qui reçoit la couronne débobine le fil, le dresse au besoin, avant de le découper en lopins de longueur voulue. Chaque lopin est ensuite soumis à une opération habituelle de déformation plastique à froid pour l'obtention de la pièce finale prête à l'emploi (rotules, axes, biellettes...), après un usinage de mise aux côtes nominales au besoin. Les caractéristiques mécaniques finales seront naturellement obtenues par l'écrouissage résultant de la mise en forme. On notera que dans ce mode de réalisation, ce sont les conditions de fin de laminage qui permettent d'obtenir une action  
35 optimale du niobium en faveur de la transformation bainitique déjà réalisée au stade du laminage..

40 Dans un second mode de réalisation, la structure bainitique est obtenue après l'opération de déformation plastique: on approvisionne un demi-produit long constitué d'un acier d'analyse conforme à l'invention qu'on lamine à chaud jusqu'à l'obtention d'une barre laminée de 30 mm de diamètre par exemple. Après refroidissement

éventuel, la barre mise à longueur par découpe est livrable rectiligne au forgeron avec sa structure ferrito-perlitique ordinaire qu'elle acquiert naturellement au cours du laminage à chaud.

Le forgeron qui la reçoit la débite en lopins et chaque lopin est ensuite porté à une température d'environ 1200 °C avant d'être soumis à une opération de déformation plastique à chaud à la forge. Les pièces sont alors refroidies de la manière habituelle, en deux étapes, avec un premier refroidissement contrôlé jusqu'à une température inférieure à 1000 °C et un second refroidissement avec une vitesse de refroidissement à cœur minimum de 0,5 °C/s. Dans ce mode de réalisation, les conditions de fin de laminage n'ont pas d'importance particulière sur l'obtention de la structure métallurgique, puisque la bainite, qui donne à la pièce l'essentiel de ses propriétés d'emploi, est atteinte tout à la fin, après la mise en forme à chaud

L'invention est destinée, on le rappelle, à la fabrication de pièces mécaniques par déformation plastique de produits laminés sans traitement thermique supplémentaire.

Des essais de laboratoire ont été effectués sur une coulée de composition suivante:

% C	% Mn	% Nb	% Cr	% B	% Mo	% Ti	% N <sub>2</sub>	% Si	% S	% Al
0,08	1,6	0,08	0,2	0,003	0,2	0,029	0,006	0,25	0,004	0,028

Les billettes issues de la coulée ont été laminées à chaud après réchauffage au-dessus de 1100 °C pour former un fil de 12 mm de diamètre. La température de fin de laminage était de 820 °C. La vitesse de refroidissement du fil dans la chaude de fin de laminage (refroidissement à air soufflé de type "stelmor") a été de l'ordre de 5°C/s. On obtient une structure bainitique homogène, à plus de 90% de bainite, sur l'ensemble du fil, en périphérie comme à cœur.

Les caractéristiques mécaniques du fil sont les suivantes :

R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>p0.2</sub> (MPa)	A (%)	Z (%)
857	683	17,4	71,4

On rappelle que :

- R<sub>m</sub> : représente la résistance à la rupture correspondant à la force maximale avant rupture rapportée à la section initiale du fil.
- R<sub>p0.2</sub> : représente la limite d'élasticité conventionnelle correspondant à la force rapportée à la section initiale du fil provoquant un allongement plastique de 0,2 %.
- A : représente l'allongement à la rupture.
- Z : représente la striction correspondant à la réduction de section du fil après rupture.

L'évolution des caractéristiques mécaniques en fonction du taux de déformation subi par le fil est la suivante:

Taux de réduction (%)	Rm (MPa)	Rp <sub>0,2</sub> (MPa)	A (%)	Z (%)
20	960	885	13,7	67
35	1030	982	13	65,5
50	1100	1020	11,5	61,5
60	1160	1115	10,8	60,5
75	1265	1220	10,6	57,7

L'invention est remarquable en ce qu'elle permet en particulier d'économiser les traitements de revenu mis actuellement en œuvre lors des opérations de frappe à froid ou de forge à chaud.

5 D'autre part en imposant des conditions de refroidissement moins drastiques, elle permet de réduire les risques de déformation des pièces durant l'opération de refroidissement, ou à fluide de refroidissement équivalent elle permet d'utiliser des lopins de plus gros diamètre.

10 Elle est également remarquable par les très bonnes caractéristiques d'usinabilité qu'elle présente, ce qui permet dans les applications à froid de diminuer les teneurs en soufre et donc de limiter l'influence néfaste de cet élément dans l'aptitude à la déformabilité.

15 Il va de soi que l'invention ne saurait se limiter aux exemples qui viennent d'être décrits, mais qu'elle s'étend à de multiples variantes et équivalents dans la mesure où est respectée sa définition donnée par les revendications jointes.

20 Ainsi, par exemple, dans les applications de forge à chaud, l'homme du métier pourra choisir d'améliorer l'usinabilité en faisant varier la teneur en soufre ou en ajoutant d'autres agents favorisant l'usinage tels que le nickel ou le sélénium. De même, bien qu'étant destinée plus particulièrement aux applications de frappe à froid ou forge à chaud, l'invention s'applique également aux autres applications de déformation plastique telles que le tréfilage, l'étirage, l'estampage, etc...

## REVENDEICATIONS

5           1) Acier pour la fabrication d'une pièce mécanique en acier prête à l'emploi, mise en forme par déformation plastique à chaud ou à froid, caractérisé en ce que sa composition chimique, outre le fer et les inévitables impuretés résiduelles résultant de l'élaboration de l'acier, répond au moins à l'analyse suivante, donnée en pourcentages pondéraux par rapport au fer:

10            $0,02 \% \leq C \leq 0,15 \%$   
               $1,3 \% \leq Mn \leq 2,0 \%$   
               $0,04 \% \leq Nb \leq 0,10 \%$   
               $0,10 \% \leq Mo \leq 0,35 \%$   
               $0,001 \% \leq B \leq 0,005 \%$

15            $0,15 \% \leq Si \leq 1,30 \%$   
               $0,01 \% \leq Al \leq 0,08 \%$   
               $N \leq 0,015 \%$  avec  $Ti \geq 3,5 \times \% N$

et éventuellement jusqu'à 0,80 % de chrome et/ou jusqu'à 0,1 % de soufre.

20           2) Procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier prête à l'emploi, mise en forme par déformation plastique "à froid", caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes:

- on lamine à chaud un demi-produit constitué d'un acier de composition chimique conforme à l'analyse donnée par la revendication 1, la température de fin de laminage  
25   étant inférieure à 1000°C ;

- on refroidit ledit produit laminé avec une vitesse à cœur d'au moins 0,5 °C/s, de manière à obtenir ce faisant une structure bainitique ou essentiellement bainitique;

- ensuite, on découpe dans ledit produit laminé un lopin que l'on déforme plastiquement à froid jusqu'à l'obtention d'une pièce prête à l'emploi ayant la forme et  
30   les caractéristiques mécaniques requises.

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on refroidit le produit laminé dans la chaude de laminage.

35           4) Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on lamine à chaud un demi-produit jusqu'à l'obtention d'un produit laminé se présentant sous forme d'un fil ou barre de diamètre inférieur à 25 mm environ.

5) Procédé de fabrication d'une pièce mécanique en acier prête à l'emploi, mise en forme par déformation plastique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- 5       - on lamine à chaud un demi-produit constitué par un acier de composition chimique conforme à l'analyse donnée par la revendication 1;
- ensuite, on découpe un lopin dans le produit laminé obtenu;
- on porte ledit lopin à une température de 1200 °C environ, que l'on déforme alors plastiquement à chaud pour former une pièce à la forme finale requise;
- 10       - et on refroidit ladite pièce à une vitesse de refroidissement à cœur au moins égale à 0,5 °C/s de façon à lui conférer ce faisant une structure bainitique ou essentiellement bainitique et obtenir ainsi une pièce prête à l'emploi ayant la forme et les caractéristiques mécaniques requises.

- 15       6) Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'on lamine à chaud un demi-produit jusqu'à l'obtention d'un produit laminé en barre de diamètre supérieur ou égal à 20 mm.

- 20       7) Produit laminé à chaud pour déformation plastique à chaud ou à froid, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une barre ou d'un fil en acier de composition chimique conforme à l'analyse selon la revendication 1.

- 25       8) Pièce mécanique en acier prête à l'emploi obtenue par déformation plastique à chaud ou à froid, caractérisée en ce qu'elle est obtenue à partir d'un produit laminé à chaud selon la revendication 7.

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**DÉPARTEMENT DES BREVETS**26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1../1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

**INV**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		IU 02/03
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		02 14 838
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)		
Acier pour déformation à froid ou à chaud, pièce mécanique prête à l'emploi réalisable avec cet acier et son procédé de fabrication.		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
ISPAT UNIMETAL		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<b>1</b>	<b>Nom</b>	RESIAK
	<b>Prénoms</b>	Bernard
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	7, rue du champ Mey
	<b>Code postal et ville</b>	15 171 410 SAULNY
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>2</b>	<b>Nom</b>	CONFENTE
	<b>Prénoms</b>	Mario
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	1, rue des Plantes
	<b>Code postal et ville</b>	15 170 510 PLAPPEVILLE
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>3</b>	<b>Nom</b>	
	<b>Prénoms</b>	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	
	<b>Code postal et ville</b>	
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		
Le 22 novembre 2002 Roger VENTAVOLI (Mandataire n° 97-0305)		
 <b>ROVE Conseils</b> 47, Rue de Paris - B.P. 50229 F - 57106 THIONVILLE CEDEX Tél. 03 82 53 42 42 - Fax 03 82 53 79 13 E-mail : rove@wanadoo.fr		

PCT Application  
PCT/FR2003/003516

